



# Symetryczny (nadażny) zasilacz do zasilania płytek stykowych

Moduł zasilający dla płytek stykowych, zapewniający dwa symetryczne napięcia z zakresu +0,7...+15V i -0,7...-15V. Czy nie można zrobić tego prościej? Przekonaj się, dlaczego Autor zdecydował się na takie właśnie rozwiązanie!

## Do czego to służy?

Zalety płytek stykowych jako bazy do montażu układów prototypowych sprawiają, że są one często wykorzystywane w praktyce amatorskiej. Prezentowany zasilacz jest przeznaczony do zasilania obwodów na płytkach stykowych, które wymagają zasilania napięciami symetrycznymi. Zastosowań wzmacniaczy operacyjnych, gdzie zasilanie symetryczne jest korzystniejsze od niesymetrycznego, jest wbrew pozorom sporo, np. przedwzmacniacze, korektory, filtry, tory sygnałowe audio itp. Wydajność prądowa wynikająca głównie ze strat mocy, rozpraszanych przez niewielkie radiatory, jest całkowicie wystarczająca do eksperymentów ze wzmacniaczami operacyjnymi. Dla początkujących nie bez znaczenia

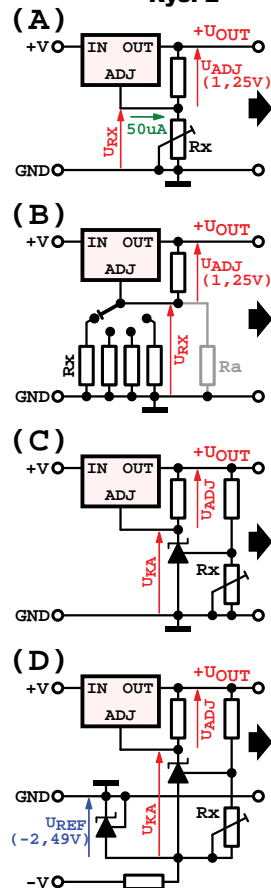
jest bezpieczny sposób zasilania układu z zewnętrznego adaptera AC/AC.

## Jak to działa?

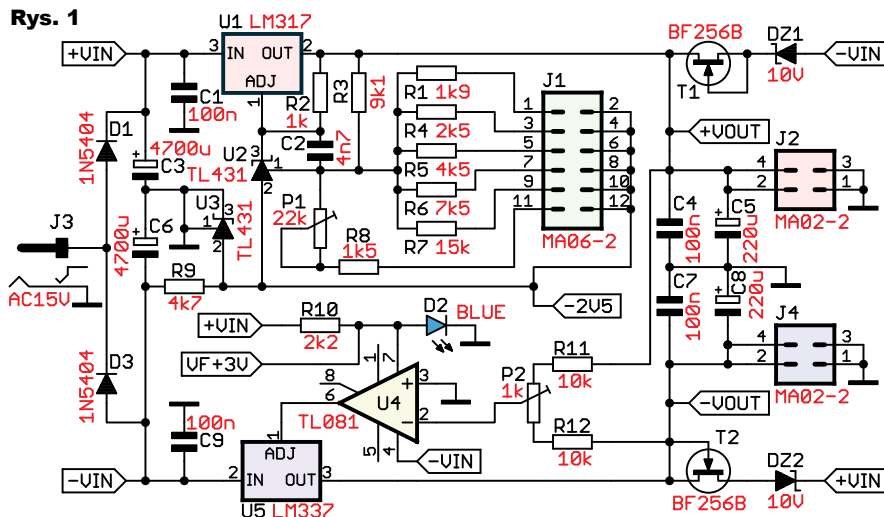
Na rysunku 1 przedstawiono schemat ideowy. Zmienne napięcie zasilania (~15V) z zewnętrznego adaptera AC/AC (transformatora) dołączone do gniazda J3 zasilają prostownik jednopółkowy D1, D3, na którego wyjściach uzyskiwane są symetryczne napięcia filtrowane kondensatorami C1, C3, C6, C9. Duże pojemności C3, C6 wynikają z zastosowania prostowania jednopółkowego. Za stabilizację napięcia odpowiedzialne są stabilizatory z pływającą końcówką referencyjną U1, U5. Zasada działania LM317 widoczna jest na rysunku 2 (A). Stabilizator „stara” się utrzymać stałe napięcie ( $U_{ADJ} \approx 1,25V$ ) między wyjściem OUT a końcówką regulacyjną ADJ. Z końcówki ADJ LM317 wypływa (w LM337 wpływa) prąd o stałej wartości ( $\approx 50\mu A$ ). Napięcie wyjściowe jest sumą napięcia  $U_{ADJ}$  i spadku

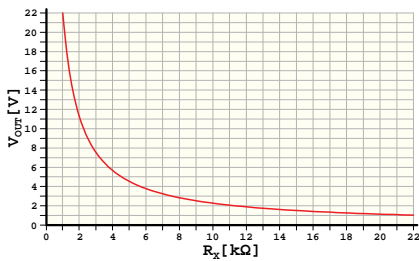
napięcia wywołanego przepływem prądu dzielnika na rezystorze Rx ( $U_{RX}$ ). Jak łatwo zauważyć, stabilizator z dołączoną końcówką ADJ do masy utrzymać będzie (minimalne) napięcie równe  $U_{ADJ}$ . Wydawać by się mogło, że jak obrazuje rysunek (B), do realizacji zasilacza o kilku napięciach wyjściowych wystarczy zastosować przełącznik dołączający

Rys. 2



Rys. 1





Rys. 3

między wyjście a masę, skok napięcia wyjściowego podczas przełączenia może powodować katastrofalne skutki w zasilanym układzie, który zawiera niskonapięciowe podzespoły. Wada ta stawia pod znakiem zapytania sens takiego rozwiązania w zasilaczu przeznaczonym do zasilania eksperymentalnych układów na płytkach stykowych. Każdorazowe wyłączenie napięcia zasilającego stabilizator przed zmianą napięcia wyjściowego przełącznikiem lub zworą (jumperem), a właściwie konieczność pamiętania o tej czynności, jest mało komfortowe, choć może wyrabiać potrzebne elektronikom nawyki typu „najpierw pomyśl” (uszkodzenie kosztownego układu scalonego przez własne roztargnienie jest lekcją, którą długo się pamięta).

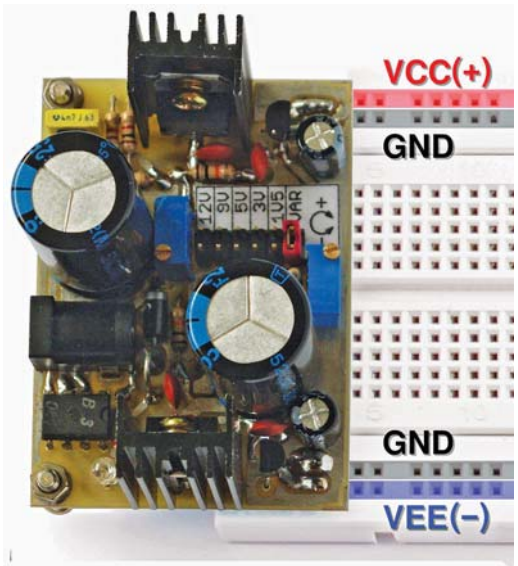
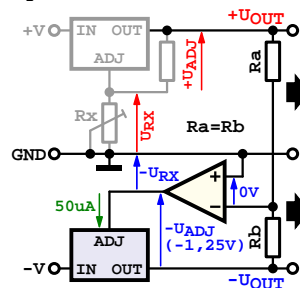
Przy szerokim zakresie napięć wyjściowych pomysły, by zmienną rezystancją był górny rezystor dzielnika, należy odrzucić ze względu na znaczne prądy dzielnika, moc traconą podgrzewającą dzielnik, co zmniejsza stabilność napięcia wyjściowego w funkcji temperatury. Bezpiecznie przełączać rezystory  $R_X$  pozwoli zastosowanie programowalnej diody Zenera TL431, która pełni funkcję wzmacniacza błędów o kompensowanym temperaturowo napięciu odniesienia 2,49V według rysunku (C). W uproszczeniu układ TL431 można traktować jako tranzystor NPN o napięciu „ $V_{BE}$ ” ( $V_{REF} \approx 2,49V$  i napięciu nasycenia „ $V_{SAT}$ ” ( $U_{KA} \approx 2V$ . Zależnie od napięcia na dzielniku dołączonym do wejścia referen-

cyjnego diody, do jej anody wpływa mniej lub więcej prądu (przez rezystor dołączony do katody, prąd wyprowadzenia ADJ jest stały), zmieniając tym samym napięcie na wyprowadzeniu ADJ stabilizatora. W praktyce ustala się stan równowagi wyznaczony rezystorem  $R_X$ . Przy braku  $R_X$ , na wyjściu stabilizatora ustalą się minimalne napięcie ( $U_{KA} + U_{REF} \approx 3,25V$ ). Relatywnie duże napięcie minimalne można zmniejszyć, mając do dyspozycji ujemne napięcie zasilające pozwalające na „wytworzenie” ujemnego napięcia referencyjnego. Obrazuje to rysunek (D), gdzie drugi układ TL431 wytwarza ujemne napięcie odniesienia potrzebne do uzyskania napięć wyjściowych niższych niż wyznaczane przez sumę  $U_{KA} + U_{REF}$ . Dzięki temu najniższe możliwe do uzyskania napięcie przy braku  $R_X$  to ( $U_{KA} + U_{REF} - 2,49 \approx 0,7V$ ). W prezentowanym zasilaczu **zdjąć zworki z J1 nie powoduje niekontrolowanego wzrostu napięcia wyjściowego, ale jego spadek do wartości minimalnej.**

Złącze J1 umożliwia wybór jednego z sześciu (siedmiu, uwzględniając napięcie przy braku zwory, tj. 0,7V) „zaprogramowanych” napięć (1,5V, 3V, 5V, 9V, 12V) przez dołączenie jumperem odpowiedniego rezystora ( $R_1, R_4...R_7$ ) lub dołączenie potencjometru precyzyjnego P1 pozwalającego na „płynne” zadawanie napięcia wyjściowego (VAR). Rezystor R8 ogranicza zakres regulacji do 15V i w razie potrzeby jego wartość może być zmieniona.

Należy wspomnieć, że regulacja potencjometrem P1 nie jest liniowa, co w docelowym zastosowaniu zasilacza jest korzystne (większa precyzja przy ustalaniu niższych napięć). Istnieje możliwość programowania napięcia przez założenie na J1 większej liczby zwór, jednak przy wartościach rezystorów jak na schemacie wartości napięcia nie będą „okrągłe”. W przypadku chęci uzyskania innych napięć niż w prezentowanym prototypie,

Rys. 4

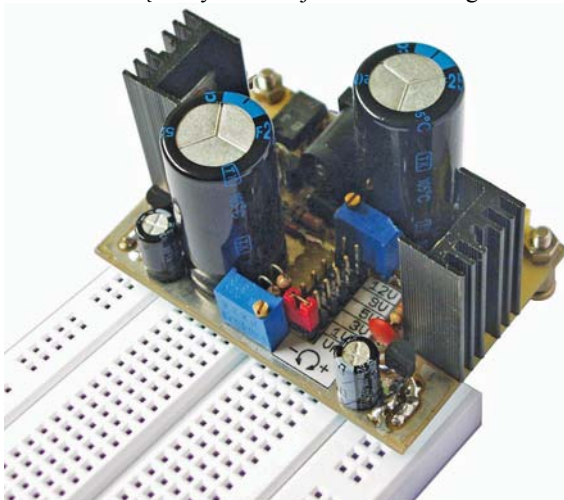


rezystory „programujące” należy dobrać samodzielnie, w czym może pomóc rysunek 3. Wykres znajduje się również wśród materiałów dodatkowych umieszczonych na Elportalu w formacie ASCII raw dla programu LTSpice IV.

Rezystor R2 zapewnia zasilanie układu U2, natomiast C2 zapobiega jego wzbudzeniu. Zadaniem R9 jest ograniczenie prądu płynącego przez źródło napięcia odniesienia U3.

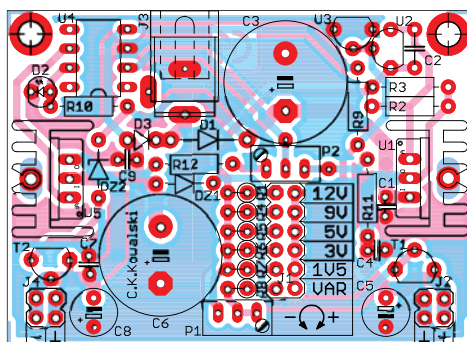
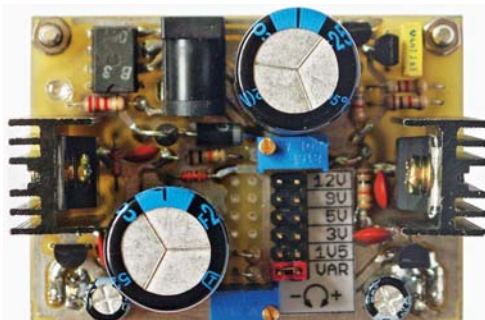
Stabilizator napięcia ujemnego tworzą układy U5 (LM337), U4 (TL081) wraz z elementami „towarzyszącymi”. „Nadażne” działanie tej części układu polega na utrzymaniu wartości absolutnej ujemnego napięcia równej napięciu na szynie dodatniej. Wynikiem asymetrii napięć wyjściowych zasilacza jest pojawienie się napięcia na dzielniku (o stosunku 1/1) R11, R12 różnego od zera. Zależnie od wartości i znaku napięcia na wejściu odwracającym wzmacniacz reguluje napięcie na wyprowadzeniu ADJ U5 tak, by utrzymać zerową różnicę napięć między swoimi wejściami, ustalając tym samym stan równowagi jak na rysunku 4. Wynikająca z rozrzutów produkcyjnych różnica wartości absolutnych napięć odniesienia U1 ( $U_{ADJ}$ ) i U5 ( $-U_{ADJ}$ ) jest kompensowana różnicą wartości absolutnych napięć  $U_{RX}$  i  $-U_{RX}$ .

Niebieska LED D2, oprócz sygnalizowania obecności napięcia zasilającego, pełni funkcję prostego stabilizatora zapewniającego dodatnie napięcie zasilające U4 o wartości równej jej napięciu przewodzenia ( $V_F \approx 3V$ ). Rezystor R10 ogranicza płynący przez D2 prąd. „Ujemna” końcówka zasilająca U4 dołączona jest do napięcia „wejściowego”  $-VIN$  U5, więc niższego od napięcia stabilizowanego przez U5 o spadek na jego obwodach



wewnętrznych. Taki sposób zasilania U4 podyktowany jest zakresem jego napięć wejściowych i wyjściowych, a to, że napięcie zasilające jest niestabilizowane (jedynie filtrowane), nie jest istotne (dla TL082 współczynnik tłumienia wahań napięcia zasilania wynosi  $S_{VRR} \geq 70\text{dB}$ ). Potencjometr P2 pozwala na precyzyjne ustawienie „środką” podziału dzielnika, tj. kompensację rozrzutu wartości rezystorów dzielnika, przy czym napięcie niezrównoważenia U4 ( $V_{OS}$ ) nie jest kompensowane.

Do poprawnej pracy stabilizatory LM137, LM337 wymagają wstępno obciążenia wyjść prądem typowo 5mA (max. 10mA). Przy zakładanym, szerokim zakresie napięć wyjściowych zastosowanie rezystorów jako obciążenia jest nieekonomiczne. Zapewnienie prądu 10mA przy najniższym napięciu (0,7V) wymagałoby zastosowania rezystora o rezystancji 60Ω. Przy napięciu wyjściowym 12V przez rezystor o takiej wartości przepływałby już prąd 200mA, a moc tracona wyniosłaby 2,4W. Przy zastosowanych niewielkich radiatorach moc pobierana ze stabilizatorów przez takie obciążenie jest nieakceptowalna. Dużo lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie w roli obciążenia źródła prądowego. Tę rolę pełnią tranzystory JFET T1 dla szyny dodatniej i T2 dla ujemnej. Zależnie od producenta U1 możliwa jest jego poprawna praca bez T1, natomiast T2 obciążający U5 jest bezwzględnie wymagany. W celu zapewnienia wymaganej różnicy potencjałów (przy małych napięciach wyjściowych) do poprawnej pracy źródła prądowego włączone jest ono między obciążaną szynę wyjściową a „odwrotne” napięcie wejściowe, tj. -VIN dla szyny dodatniej i +VIN dla ujemnej. Szeregowo włączone do źródeł diody Zenera DZ1, DZ2 zabezpieczają przed przekroczeniem napięcia  $V_{DS}$  (30V dla BF256) tranzystorów JFET. Kondensatory C4, C7 filtrują napięcia wyjściowe ze składowych wysokoczęstotliwościowych, a C5, C8 polepszają



właściwości impulsowe zasilacza.

Rys. 5

## Montaż i uruchomienie

Dwuwarstwowy obwód drukowany widoczny jest na rysunku 5. Po sprawdzeniu PCB (zwarcia, pęknięcia) można przystąpić do montażu, lutując elementy w kolejności od najmniejszych do największych. Stabilizatory U1, U5 należy najpierw przykręcić do radiatorów z użyciem pasty termoprzewodzącej, by następnie zamontować je na PCB. Montaż podkładek izolacyjnych nie jest wskazany z uwagi zwiększenie rezystancji termicznej między stabilizatorem i niewielkim bądź co bądź radiatorem. Podczas eksploatacji zasilacza należy pamiętać, że radiatorzy są na różnych potencjałach. Rozstaw złączy J2, J4 jest dostosowany dla płytki stykowej GL12NW z zestawu EdW09 (PKE). Należy je przyłutować do PCB od umownej strony lutowania. Z tej samej strony w dwa otwory narożnikowe należy przykręcić tulejki dystansowe o wysokości płytki stykowej, pełniące funkcję nóżek zapewniających stabilność mecha-

## Wykaz elementów

R2	.....	1kΩ
R8	.....	1,5kΩ
R1	.....	1,9kΩ E48
R10	.....	2,2kΩ
R4	.....	2,5kΩ E48
R5	.....	4,5kΩ E48
R9	.....	4,7kΩ
R6	.....	7,5kΩ
R3	.....	9,1kΩ
R11, R12	.....	10kΩ
R7	.....	15kΩ
P2	.....	1kΩ pot. mont. RJ9W
P1	.....	22kΩ pot. mont. RJ9W
C2	.....	4,7n foliowy
C1, C4, C7, C9	.....	100n ceramiczny
C5, C8	.....	220u/25V
C3, C6	.....	4700u/25V
D1, D3	.....	1N5404
D2	.....	LED3mm niebieska
DZ1, DZ2	.....	10V
T1, T2	.....	BF256B
U1	.....	LM317
U2, U3	.....	TL431
U4	.....	TL081
U5	.....	LM337
J1	.....	Złącze grzebieniowe 2,54mm M2x6 + Jumper
J2, J4	.....	Złącze grzebieniowe 2,54mm M2x2
J3	.....	Gniazdo DC 1/5,5
Radiator	.....	DY-CN h=30mm szt. 2

**Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3158.**

niczną zasilacz-płytką stykowa. Uruchomienie sprowadza się do podłączenia napięcia zasilającego ~15V z zewnętrznego adaptera wtyczkowego AC/AC (transformatora) i ustawienia równych wartości absolutnych napięć wyjściowych, tj. ustawienia symetrii dzielnika potencjometrem P2. Regulację należy przeprowadzić przy ustawionej największej wartości napięcia dodatniego (+VOUT). Na zakończenie warto przeprowadzić pomiar napięć wyjściowych obciążonego i nieobciążonego zasilacza, dla wszystkich „zaprogramowanych” napięć wyjściowych.

Cyprian Kamil Kowalski  
c4v2@o2.pl